

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Hubungan Bakteri Endofitik dengan Tanaman

Bakteri endofitik merupakan bakteri yang berada di jaringan internal tanaman, yang keberadaannya tidak menimbulkan gangguan pada tanaman tersebut (Syailendra, 2013). Radji (2004) mengemukakan terdapat sekitar 300.000 jenis tanaman yang tersebar di permukaan bumi. Tanaman tersebut masing-masing tanaman mengandung satu atau lebih mikroorganisme endofitik yang terdiri dari bakteri dan jamur.

Hidayatun (2011) berhasil mengidentifikasi 26 isolat bakteri endofitik padi dan menggolongkannya kedalam kelompok *Staphylococcus* dan *Serratia* (5 isolat), *Bacillus* (4 isolat), *Microbacteria* (2 isolat), *Pseudomonas* (3 isolat), *Enterobacter* (2 isolat) dan *Klebsiella*, *Acidovorax*, *Burkholderiaceae*, dan *Agrobacterium* (masing-masing 1 isolat). Tidak ditemukan kekhasan antara varietas padi dan isolate yang ditemukan di dalamnya.

Beberapa bakteri endofitik diketahui mampu hidup secara harmonis dengan padi dan beberapa peneliti melaporkan hasil yang positif percobaan aplikasi bakteri endofitik untuk meningkatkan pertumbuhan padi. Sumbangan N bakteri endofitik untuk beberapa varietas padi dapat mencapai 70% kebutuhan total N total N tanaman dan bakteri endofitik tersebut diketahui mampu hidup secara endofit dalam tanaman padi (Boddey *et al.*, 1995).

Dugaan adanya asosiasi antara bakteri endofitik dengan padi berawal pada kenyataan bahwa padi dapat tumbuh dengan baik secara terus menerus lebih dari 30 tahun pada tanah dengan kandungan N rendah tanpa pemupukan N.

Berdasarkan neraca N tanaman padi, diduga terdapat peran bakteri. Sejumlah genera bakteri endofitik diantaranya adalah *Azotobacter*, *Beijerinckia*, dan *Derxia* banyak ditemukan di rizosfer padi, bahkan beberapa bakteri diketahui mampu hidup secara endofit dengan menyebar dalam batang padi. Istilah endofit digunakan untuk menunjukkan adanya kolonisasi mikroorganisme di dalam jaringan tanaman, tetapi tidak memberikan efek patogenik (tidak menunjukkan gejala-gejala penyakit) terhadap tanaman inangnya (Zinniel *et al.*, 2002).

Peranan Bakteri endofitik dalam memacu pertumbuhan tanaman, telah banyak mendapat perhatian sehingga bakteri endofitik dapat dimanipulasi untuk meningkatkan produktivitas tanaman jagung (Tarabily *et al.*, 2003).

Hasil penelitian di lapangan menunjukkan bahwa *Azotobacter* sp. tanpa pemberian pupuk N dapat meningkatkan hasil tanaman padi mencapai 16,69%. *Azospirillum* sp. dengan pemberian pupuk N 120 kg/ha dapat meningkatkan hasil tanaman padi mencapai 43,49%. Di sisi lain, pada percobaan di rumah kaca dengan pupuk N takaran tertentu *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan hasil padi mencapai 115,91% dan *Pseudomonas* sp. mencapai 112,88% (Rao *et al.*, 1987).

Menurut Hallman *et al.*, (1999) dalam Aini & Abadi (2004), telah diketahui pula bahwa bakteri endofit berperan dalam kesehatan tanaman dalam hal: (1) antagonisme langsung atau penguasaan relung atas patogen, (2) menginduksi ketahanan sistemik dan (3) meningkatkan toleransi tanaman terhadap tekanan lingkungan. Karena sifat-sifat tersebut bakteri endofit telah terbukti dapat dimanfaatkan sebagai pengendali hayati penyakit tanaman bahkan dapat mengurangi serangan hama tanaman (Ramamoorthy *et al.*, 2001).

## 2.2. Mekanisme Bakteri Endofitik dalam Jaringan Tanaman

Bakteri endofit diduga berasal dari lingkungan luar tumbuhan dan kemudian masuk ke dalam jaringan tumbuhan melalui stomata, lentisel, luka, daerah pemunculan tunas akar lateral dan tunas perkecambahan (Huang, 1986). Di dalam jaringan tumbuhan biasanya bakteri endofit akan berkoloni pada daerah ruang interseluler dan sistem vaskular (Hallman *et al*, 1997).

Pada penambahan *Alcaligenes faecalis* ke akar padi dalam mekanisme invasi bakteri dapat melalui tiga langkah yakni: adsorpsi bakteri ke akar padi permukaan (interaksi yang cepat tapi lemah antara bakteri dan tanaman inang), bertahan pada permukaan akar (interaksi yang kuat), dan kolonisasi permukaan akar dengan beberapa sel masuk ke dalam akar padi (You *et al*. 1995). Hal serupa juga disampaikan pada penambahan *Azospirillum brasilense* ke akar gandum (Basan dan Holguin 1993; Michiels *et al* 1991.).

Secara umum, bakteri masuk ke jaringan tanaman dapat melalui stomata, lentisel, luka (termasuk trikoma rusak), bidang munculnya akar lateral, dan berkecambah radikula (Huang 1986). Namun, masuk utama bagi bakteri endofit tampaknya melalui luka yang secara alamiah terjadi sebagai akibat dari pertumbuhan tanaman yaitu pertumbuhan akar, atau melalui rambut akar dan pada konjungsi epidermal (Sprent dan de Faria 1988).

Beberapa peneliti telah melaporkan tentang kolonisasi luas pada zona akar sekunder (akar cabang) oleh endofitik bakteri. Karena pembentukan kolonisasi tersebut di endodermis bakteri kemudian memasuki wilayah korteks dan memperluas ke seluruh endodermis dalam jaringan pembuluh (Mahaffee *et al*

1997; Patriquin dan Dobereiner 1978; Reinhold dan Hurek 1988). Pentingnya pembentukan akar lateral untuk masuknya bakteri digarisbawahi oleh pengamatan bahwa *Bacillus polymyxa* tumbuh dalam pinus setelah akar lateral telah mengembangkan (Shishido et al. 1995). Tanaman terlukai secara umum, yang disebabkan baik oleh faktor biotik (jamur, nematoda parasit tanaman, serangga) atau faktor abiotik (pengolahan tanah, fluktuasi suhu ekstrim, mencangkok, akar pemangkasan). Selain menyediakan jalan untuk masuk, luka yang ada juga menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi bakteri mendekati dengan memungkinkan kebocoran eksudat tanaman, yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi bakteri.

Ketika berada di dalam jaringan tanaman, bakteri endofit baik tetap terlokalisasi dalam jaringan tanaman tertentu seperti korteks akar atau menjajah tanaman secara sistemik oleh transportasi melalui elemen konduksi atau apoplast (Patriquin dan Dobereiner 1978). Gerakan bakteri telah dilaporkan pada intraseluler dari 15 sel (Hurek et al 1994; Patriquin dan Dobereiner 1978) untuk jarak yang mewakili 1-4 cm (Mahaffee et al 1996). Penyebaran sistemik bakteri endofit telah ditunjukkan *Erwinia* sp., yang pulih dari akar kapas, batang, dan bunga yang belum dibuka, serta mesocarp dan endocarp dari beberapa kuntum (Misaghi dan Donndelinger 1990), dan untuk *Pseudomonas aureofaciens*, kolonisasi sistemik dari sistem vaskular jaringan kortikal terbatas tampaknya karena endodermis merupakan penghalang fisik untuk gerakan apoplastik dari endofitik bakteri ke dalam jaringan pembuluh (Kloepper et al. 1992).

Teori ini didasarkan pada penelitian menunjukkan bahwa fungsi fisiologis endodermis akar untuk mengatur aliran bahan kimia untuk daerah pembuluh darah dan pita casparian, ketika utuh, membatasi gerakan apoplastic zat terlarut dari korteks ke stele. Oleh karena itu, diyakini bahwa endofitik hadir dalam korteks akar tidak bisa melintasi endodermis untuk memasuki sistem vaskular. Namun, seperti yang dibahas di atas, endodermis bukanlah penghalang tak terputus sejak epidermal disrapture terjadi pada situs pembentukan akar sekunder, menyediakan rute apoplastic untuk stele akar, yang dapat divisualisasikan oleh pewarna *fluorescent* (Peterson *et al.* 1981).

Bakteri endofitik juga dapat mengikuti jalan yang sama ini untuk menjajah jaringan vascular. Penghalang endodermal juga dapat dikalahkan oleh bakterial pintu terial melalui sel-sel berdiferensiasi dari ujung akar (Mahaffee *et al.* 19.976). Setelah adanya bakteri endofitik dalam jaringan tanaman, bakteri endofit dapat ditularkan secara vegetatif, seperti dilaporkan untuk *Acetobacter diazotrophicus* untuk dua potongan berturut tebu (Dong *et al.* 1994)..

### 2.3. Morfofisiologi tanaman padi

Fisiologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari tentang proses proses yang terjadi pada tanaman. Proses yang terjadi meliputi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Salisbury & Ross, 1978). Proses pertumbuhan dan perkembangan yang dimaksud meliputi fotosintesis, respirasi, penyerapan hara, perkecambahan benih, pertumbuhan organ-organ tanaman, pembentukan bunga, gabah, dan malai, proses pemasakan gabah, dan lain sebagainya (Makarim & Suhartatik 2009).

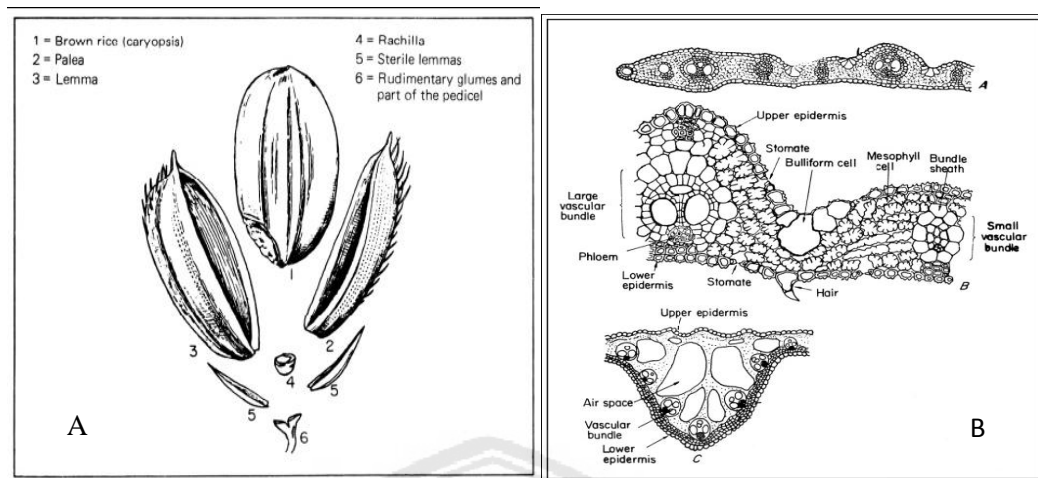
Proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang tergolong dalam fisiologi tanaman dipengaruhi oleh morfologi tanaman tersebut meliputi bentuk organ, seperti sudut daun, kanopi atau tajuk tanaman, besar batang, dan lain sebagainya sehingga ilmu yang mempelajari keterkaitan antara morfologi dan fisiologi dinamakan morfofisiologi. Sedangkan jika ilmu yang mempelajari tentang keterkaitan antara morfofisiologi dengan lingkungan menjadikan ilmu tersendiri yang disebut ekofisiologi yang menekankan adanya pengaruh faktor lingkungan terhadap proses fisiologi tanaman yang terjadi (Makarim & Suhartatik 2009).

Proses yang terjadi dalam tubuh tanaman memiliki beberapa faktor pembatas yang tentunya setiap tanaman memiliki faktor pembatas yang berbeda dengan tanaman lainnya. Faktor pembatas inilah yang kemudian harus diketahui untuk mendapatkan cara dalam peningkatan potensi hasil suatu tanaman, oleh karena itu para ahli yang terlibat dalam disiplin fisiologi tanaman ditantang untuk menemukan faktor-faktor pembatas tersebut dalam beberapa tanaman sehingga

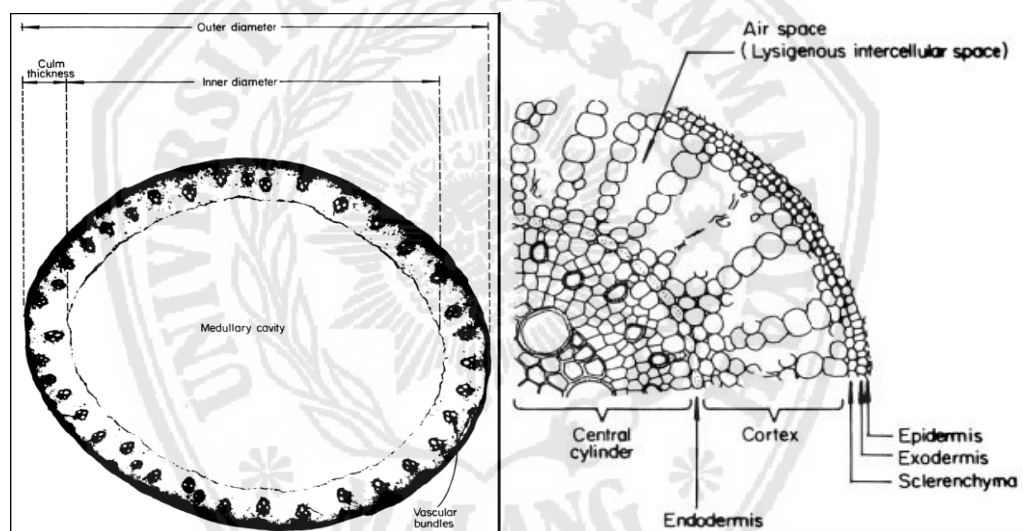
dapat meningkatkan potensi yang dimaksudkan. (Howell, 1977 dalam Makarim & Suhartatik 2009).

Tanaman padi (*Oryza sativa* L) merupakan tanaman yang berasal dari leluhur yang sama dengan *Oryza glaberrima* yakni *Oryza perennis* Moench dengan habitat asalnya adalah Gondwanaland. Dari dua cultigen tersebut berkembang menjadi tiga ras *ecogeographic* yakni *sinica(japonica)*, *indica*, dan *javanica*.

Selama dalam proses budidaya padi, tanaman ini akan mengalami evolusi seperti yang disimpulkan oleh Chang (1976) dalam Makarim & Suhartatik (2009) yang menyatakan bahwa *O. sativa* telah mengalami perubahan perubahan morfologik dan fisiologik selama dalam proses pembudidayaan. Perubahan-perubahan yang dimaksud adalah perubahan ukuran daun yang menjadi lebih besar, lebih panjang dan lebih tebal. Jumlah daun menjadi lebih banyak dan laju pertumbuhan tanaman lebih cepat. Jumlah cabang-cabang sekunder pada malai juga menjadi lebih banyak, serta pertumbuhan malai lebih sinkron dengan perkembangan anakan. Selain perubahan diatas, perubahan terjadi juga pada waktu pengisian gabah menjadi lebih lama, tetapi kemampuan untuk membentuk rizoma berkurang, dormansi benih menjadi lebih pendek, kurang peka terhadap panjang hari, dan tanaman menjadi lebih inbred dari pada cross-pollinated.



Gambar 2. Bagian organ padi; A : struktur dan bagian benih padi ; B : Irisan Melintang Daun (Hoshikawa 1975 *dalam* Yoshida 1981)



Gambar 3. Irisan mikroskopik organ padi; A : Irisan membujur organ batang; B;Irisan membujur organ Akar (Hoshikawa 1975 *dalam* Yoshida 1981)